

EL COEFICIENTE DE REDUCCION DEL RENDIMIENTO PARA EL CALCULO DEL COSTO DE LAS DEMORAS *

R. G. Frank (1)

Recibido. 20/10/80

Aceptado: 4/3/81

RESUMEN

El coeficiente de reducción del rendimiento mide la reducción que sufre el rendimiento medio de un cultivo por cada hora disponible para efectuar una determinada tarea, que transcurre a partir del momento óptimo para su realización. Para hallar este coeficiente es preciso calcular regresiones de los rendimientos en función del tiempo transcurrido, para cada tarea, y con los resultados se calcula el mencionado coeficiente. Esto se ha efectuado para las principales tareas (labranza, siembra, cuidados culturales, cosecha) que se realizan en la región pampeana argentina. Los guarismos obtenidos se dan en sendas tablas.

SUMMARY

The timeliness coefficient is a measure of the yield reduction of a crop, per hour of available time, produced by delays with respect to the optimum time for undertaking each operation. The timeliness coefficient is computed on the basis of regressions of yield reductions as a function of the time spent for each operation. Tables are given for this coefficient corresponding to the main operations (tillage, seeding, cultivation, harvesting) for typical crops of the Pampa region of Argentina.

INTRODUCCION

Una de las características más salientes de la producción agropecuaria es su dependencia del ciclo biológico de los seres vivos -tanto plantas como animales- que son la materia prima insumida, elaborada y producida por la empresa agropecuaria. En consecuencia, la mayoría de las tareas que en ésta se ejecutan, dependen de ese ciclo biológico y por consiguiente el momento preciso de su ejecución es de marcada importancia. En otros términos, la realización de los trabajos

a destiempo, puede acarrear importantes disminuciones en el rendimiento de un cultivo o en el crecimiento o producción de un animal.

Sin embargo, es prácticamente imposible realizar instantáneamente cualquier tarea. Por ej., la siembra de un cultivo normalmente tarda varios días, salvo que la superficie a sembrar sea extremadamente reducida o que la maquinaria tenga una elevadísima capacidad. Una elevada capacidad de trabajo implica un gran tamaño, lo que a su vez significa una apreciable inversión en maquinaria y en

(1) Cátedra de Administración Rural, Departamento de Economía, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453 - (1417) Buenos Aires.

* Trabajo presentado en la Novena Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, Tucumán, 15-17 de noviembre de 1978.

consecuencia mayores costos operativos. Una capacidad reducida, en cambio, origina menores costos de inversión pero puede acarrear costos de demora por no poderse ejecutar todas las tareas en su preciso momento. Por ello, la selección de una máquina, desde el punto de vista económico, requiere hallar un óptimo que se encuentre entre ambos extremos apuntados arriba, según la metodología detallada por Frank (1977). Para ello es necesario, entre otras cosas, cuantificar el costo de la demora (1).

En un cultivo el costo de la demora

$$C_{dem} = S \text{ (ha)} \times R \text{ (qq/ha)} \times P \text{ (\$/qq)} \times k \text{ (h}^{-1}\text{)}$$

$$C_{dem} = S \text{ (ha)} \times R \text{ (qq/ha)} \times P \text{ (\$/qq)} \times k \text{ (h}^{-1}\text{)}$$

donde: S es la superficie trabajada por la máquina, R el rendimiento normal del cultivo efectuando el trabajo en el momento óptimo, P el precio por quintal (2) y k el coeficiente de reducción del rendimiento en h^{-1} .

El coeficiente de reducción del rendimiento k mide la disminución que sufre el rendimiento medio de un cultivo (con respecto al óptimo, es decir al que se obtiene realizando la tarea en el instante más adecuado) por cada hora disponible transcurrida a partir de ese instante más adecuado o momento óptimo. Su conocimiento es imprescindible para poder determinar el costo de la demora de cualquier tarea.

Hay que destacar que éstos no son los únicos costos que se producen. También hay

pérdidas de tiempo debido a roturas accidentales de la maquinaria, viajes al y del lugar de trabajo (en la medida en que no se hallen contemplados en el coeficiente de tiempo efectivo), etc. Estos costos no se consideran en el presente trabajo. Tampoco se hace referencia a los costos de oportunidad en que se puede incurrir por interferencia de una tarea con otras (del mismo cultivo o de otros cultivos) dentro de la explotación.

La finalidad de este trabajo consiste en hallar el coeficiente k de las principales tareas que se desarrollan en la empresa agraria. No se conocen antecedentes al respecto en nuestro país y los datos extranjeros sólo son esporádicos. Hunt (1977), tanto en el trabajo citado como en ediciones anteriores del mismo, aporta datos preliminares y muy generales para Estados Unidos de Norteamérica. Rühling (1972), aparte de referirse a los datos de Hunt, efectúa estimaciones propias para Alemania. Chancellor y Cervinka (1974) realizaron estimaciones para siembra y cosecha de arroz en el norte de California. Una aplicación diferente proponen Wendte, *et al.* (1978): evalúan los beneficios de una instalación de drenes para eliminar más rápidamente la humedad excedente, lo que permite alargar el tiempo disponible para las labores, o sea que en lugar de costos de demora determinan beneficios del incremento de la disponibilidad de tiempo. Es otra aplicación posible del coeficiente de reducción del rendimiento.

-
- (1) El término demora quizás no sea el más adecuado para designar estos costos, por su connotación de dilación, retardo, retraso, detención, espera. Sin embargo, no se utiliza en estos sentidos sino en el de tardanza, insumo de tiempo, tiempo necesario para ejecutar una tarea. La bibliografía extranjera emplea el término *timeliness* en inglés y *terminingerecht* o *fristgemäß* en alemán, vocablos sin equivalente en castellano. Nótese que no se usa la denominación costo del tiempo por considerársela más amplia (pérdidas de tiempo, costos de oportunidad por retrasos de otras tareas, etc.).
 - (2) Para cuantificar económicamente la pérdida causada por la demora se utiliza el precio del producto (P). Este precio debe reflejar lo que se deja de percibir a causa de la demora o sea que debe ser neto. Por ello, tratándose de tareas previas a la cosecha (por ejemplo: labranza, siembra, cuidados culturales) el precio se refiere al producto puesto en planta (es decir el precio en destino menos gastos de cosecha y comercialización). Esto conlleva el supuesto implícito que cualquiera sea la reducción del rendimiento, igualmente se efectúan todas las tareas anteriores a la cosecha sin mengua. Con respecto a la cosecha, P es el precio del producto cosechado pero aún no acondicionado ni comercializado (precio en destino menos gastos de acondicionamiento - secada, limpieza, etc. - cuando corresponden). Con respecto a la secada obviamente P es el precio del producto seco puesto en el lugar donde es secado.

de tiempo, x el tiempo disponible (en este caso el transcurrido desde el momento óptimo, siendo el óptimo cuando $x = 0$) e y el rendimiento del cultivo en el momento x . Esta función se denominará decreciente. Si $b = 0$ no hay óptimo, o sea que el rendimiento no varía en función del tiempo transcurrido (función que se denominará indiferente).

Cuando el óptimo se halla al final de la época de ejecución de la tarea, se trata de un caso particular de la función precedente: si el óptimo se sitúa en el momento en el cual $x = 0$, la función se desarrolla en el segundo cuadrante, o sea con valores negativos de x , pero básicamente se expresa en la misma forma que en el primer tipo de función. Esta función se denominará creciente.

El tercer tipo de función es una combinación de las dos anteriores. Para simplificar los cálculos ulteriores, se supondrá de aquí en adelante que la pendiente a ambos lados del óptimo es la misma (o sea que el valor absoluto de b es igual antes y después del óptimo). La función se denominará creciente-decreciente.

Los casos intermedios se asimilarán a los precedentes. Así, si por ejemplo el óptimo se produce poco después del comienzo, se supondrá que se trata de una función decreciente.

Cuando no resulta evidente, es necesario determinar previamente el tipo de función. En este caso se han ajustado funciones de segundo grado, y si la regresión resultó ser estadísticamente significativa se ubicó el óptimo en el punto en el cual se halla el máximo de la función. Este criterio también se siguió cuando el óptimo no es un "pico" sino una "meseta" (fig. 2), asimilando esta función a una creciente-decreciente si la regresión fue estadísticamente significativa. En cambio, cuando se han dado casos de funciones constante-decreciente (es decir un tramo

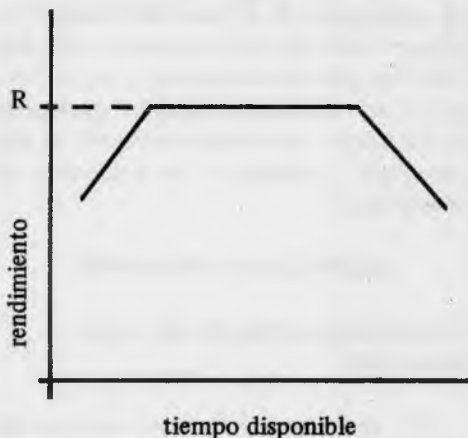


Figura 2: Función de rendimiento marginal creciente - constante - decreciente.

constante y luego uno decreciente) se ha optado por separar ambos tramos y tratarlos separadamente, como en el caso del girasol de primera siembra y de segunda. Este tipo de función parece presentarse en cultivos con dos épocas de siembra claramente diferenciadas.

Aparte de las funciones reseñadas, todas ellas continuas, existen situaciones en las cuales el rendimiento se comporta como una variable discreta. Es el caso en los cuales depende de la ejecución o no de ciertas tareas, pero no varía sensiblemente con el transcurso del tiempo si la tarea se ejecuta. Por ejemplo, un cultivo de escarda probablemente tendrá un rendimiento mayor si se carpe comparado con el que se obtiene si no se efectúa la carpada. Es decir, que el rendimiento depende de la realización de la carpada, pero no presenta una variación sensible si la carpada se hace antes o después, dentro del tiempo de ejecución (3) para ésta. En otras palabras, transcurrido el tiempo de ejecución, el rendimiento cae a su nuevo nivel, porque

- (3) Por tiempo de ejecución se entiende aquí el período de tiempo durante el cual se puede ejecutar la tarea; por ejemplo en la carpada, el período que media entre el momento en que se puede comenzar cuando las malezas han alcanzado un desarrollo considerado como mínimo indispensable y el momento que se debe finalizar, o sea cuando el cultivo ha alcanzado un desarrollo tal que se perjudicaría la planta o simplemente no permite el trabajo de la maquinaria.

Existe, eso sí, aunque lamentablemente muy dispersa, información sobre variación del rendimiento de cultivos en función de la fecha de ejecución de ciertas tareas (especialmente en materia de siembra), pero es obvio que, al ser diferente la finalidad perseguida al determinar esta información, no se han computado coeficientes de reducción del rendimiento.

MATERIALES Y METODOS

El rendimiento en función del tiempo transcurrido

La gran mayoría de las tareas tiene un momento óptimo de ejecución. Realizándolas antes o después, los rendimientos sufren mermas más o menos apreciables tanto cualitativa como cuantitativamente. Si se toma el tiempo como variable independiente y el rendimiento como variable dependiente, se pueden hallar funciones matemáticas que expresen el rendimiento en función del tiempo. Estas funciones sólo analizan variaciones cuantitativas del rendimiento; no estudian cambios cualitativos del producto obtenido.

En este contexto, la variable independiente es el tiempo disponible para ejecutar la tarea, dado que el no disponible no entra en consideración. Así, si se poseen datos de rendimientos de maíz referidos a dos fechas de siembra -por ejemplo: 15/9 y 15/10- el tiempo son las horas disponibles para sembrar. Si

la siembra sólo se puede realizar con luz de día y durante días que no llueve, el tiempo disponible son las horas de luz solar de los días sin lluvia del período comprendido entre esas dos fechas.

La variable dependiente rendimiento es el que se obtiene ejecutando la tarea en el momento a que se refiere la variable independiente. Esto es obvio, pero es importante tenerlo en cuenta cuando más abajo se hace la distinción entre rendimiento marginal y rendimiento medio.

Cada tarea y cada cultivo tienen su propia función de rendimiento, que matemáticamente se pueden expresar como funciones lineales, funciones de segundo, tercer grado, logarítmicas, etc. Aquí sólo se aproximarán funciones lineales por la gran simplificación que implica su utilización posterior.

Básicamente se distinguirá entre tres tipos de funciones: 1º) el rendimiento óptimo se halla al comienzo de la época en la cual se realiza normalmente la tarea, 2º) el óptimo se halla al final y 3º) el rendimiento óptimo se halla en el medio de la época de ejecución de la tarea (fig. 1).

Cuando el rendimiento óptimo se halla al comienzo de la época de realización de la tarea, la función es del tipo

$$y = R - b \times$$

donde R es el rendimiento del cultivo cuando la tarea se efectúa en el momento óptimo, b la variación del rendimiento en la unidad

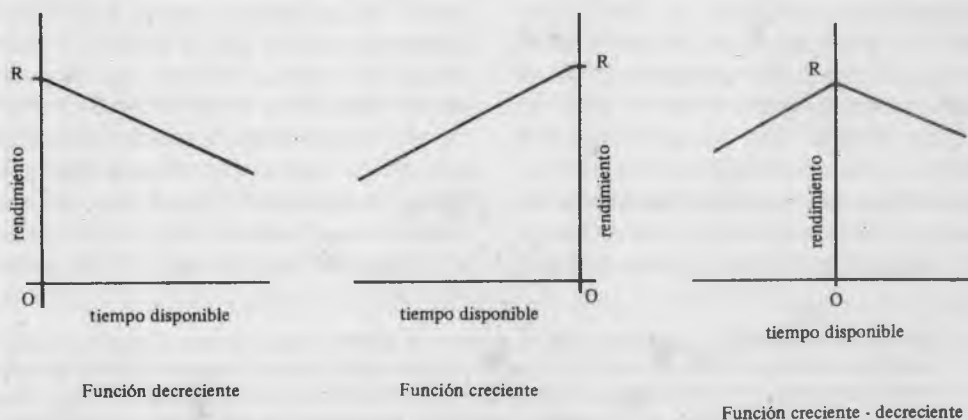


Figura 1: Funciones de rendimiento marginal.



Figura 3: Rendimiento marginal discontinuo.

la tarea no se puede realizar. Gráficamente se tiene la situación reflejada en la fig. 3.

El rendimiento se presenta como una variable dependiente discreta principalmente en las tareas que hacen a los cuidados culturales, o sea la lucha contra las adversidades de los cultivos. Como ejemplo se puede citar la lucha mecánica o química contra las malezas (4), los tratamientos contra las enfermedades y la aplicación de plaguicidas.

El coeficiente de reducción del rendimiento

Como ya se dijera arriba, el coeficiente de reducción del rendimiento o simplemente coeficiente k mide la disminución del rendimiento medio de un cultivo por cada hora disponible transcurrida a partir del momento óptimo de ejecución de la tarea a que se refiere, relacionado con el rendimiento óptimo. Así, por ejemplo, si el rendimiento del trigo en su momento óptimo es de 25 qq/ha y el valor de k correspondiente a la siembra de trigo es de 0,0002, significa que por cada hora disponible transcurrida el rendimiento medio del lote se reduce en 0,005 qq/ha o sea 0,5 kg/ha.

En la determinación del coeficiente de reducción del rendimiento es preciso tener en cuenta que se refiere al rendimiento medio de un cultivo, mientras que las funciones de rendimiento se refieren al rendimiento marginal, es decir al que se obtiene en cada momento. Por ejemplo, en la función decreciente de rendimiento o sea cuando el óptimo se produce al comienzo, la variable independiente y es el rendimiento que se obtiene en la fracción de terreno trabajada en el momento x . Sin embargo, si la tarea se inicia en el momento óptimo y su realización finaliza en el instante x al completarse la parcela, el rendimiento medio de la parcela no será el del instante x , sino el promedio de todos los rendimientos, desde el óptimo obtenido en la fracción de terreno trabajada en el instante cero hasta el correspondiente al tiempo x . Esto significa que para la determinación del costo de la demora se requiere el rendimiento medio y no el marginal del cultivo, dado que se supone que se comienza la tarea en el momento óptimo. En consecuencia, si el rendimiento marginal es una función del tipo $y = R - b x$, el rendimiento medio PM será (fig. 4):

$$PM = R - 0,5 b x$$

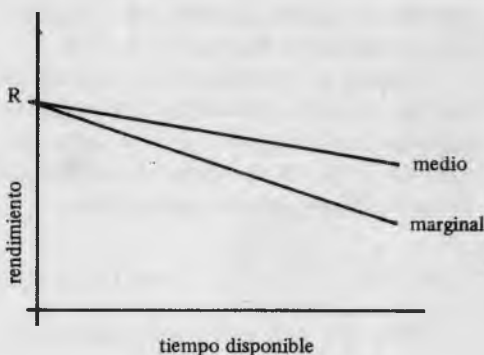


Figura 4: Rendimientos marginales y medios.

- (4) Así, por ejemplo, ensayos realizados en Pergamino por Mattioli (1978) sobre el efecto de los herbicidas hormonales aplicados en diferentes estados de crecimiento del cultivo de maíz (plantas de 2 hasta 10 hojas) no mostraron diferencias significativas en el rendimiento en función del momento de aplicación,

Hechas estas salvedades resulta ahora fácil deducir el coeficiente k . Volviendo a la definición del coeficiente de reducción del rendimiento, se comprueba que se trata de un valor relativo, es decir la cuantía de la reducción del rendimiento medio relacionado con el rendimiento obtenido cuando la tarea se ejecuta en el momento óptimo. Con respecto a la función del rendimiento medio es:

$$k = \frac{0,5 b}{R}$$

válido para funciones decrecientes y crecientes de rendimiento y suponiendo que la tarea se inicia (o termina) en el momento óptimo para proseguir ininterrumpidamente a partir de ese momento durante el tiempo disponible.

Tratándose de la función creciente-decreciente de rendimiento, es decir cuando el óptimo se halla al promediar la época de realización de la tarea, suponiendo además que el valor absoluto de b es igual antes y después del óptimo y que el momento óptimo se encuentra exactamente a la mitad del período comprendido entre comienzo y finalización de la tarea, se puede deducir que el rendimiento medio será $PM = R - 0,25 b x$ y en consecuencia resultará $k = b / 4 R$.

Cuando el rendimiento se presenta como una variable dependiente discreta o discontinua, cabe recordar que la función graficada en la fig. 3 se refiere al rendimiento marginal. El rendimiento medio PM es

$$PM = R \quad \text{para } 0 \leq x \leq x_1$$

$$y \quad PM = \frac{x_1}{x} \Delta R + (R - \Delta R) \quad \text{para } x > x_1$$

donde R es el rendimiento ejecutando la tarea, ΔR la disminución del rendimiento cuando no se ejecuta la tarea (la diferencia de rendimiento realizando y no realizando la tarea), y x_1 el momento en el cual finaliza el tiempo de ejecución (el tiempo de ejecución comienza cuando $x = 0$).

De las funciones anteriores se deduce que $k = 0$ cuando $x \leq x_1$, mientras que cuando $x > x_1$ es

$$k = \frac{\frac{\Delta R}{x} \left(1 - \frac{x_1}{x}\right)}{R}$$

Esto significa que k depende del momento x en el cual se ejecuta la tarea. Siendo así, el coeficiente de reducción del rendimiento k pierde practicidad en su aplicación al cálculo de costos, razón por la cual no se estudiarán aquí estos casos.

Determinación del coeficiente de reducción del rendimiento

Para la determinación del coeficiente de reducción del rendimiento k se necesitan básicamente dos datos: 1) la variación de los rendimientos en función del tiempo y 2) la cuantificación del tiempo disponible.

La variación de los rendimientos en función del tiempo, para cada tarea, cultivo y región, es el dato de más difícil obtención. En principio, se ha recurrido a tres fuentes totalmente distintas: 1) los resultados de ensayos experimentales, 2) datos de productores obtenidos mediante relevamientos y 3) las estimaciones de especialistas en la materia. Los ensayos experimentales se han efectuado principalmente en siembras. Ello se debe a la necesidad de determinar la época más adecuada de siembra de cada especie, en cada zona. A tales efectos se efectúan experiencias de siembras escalonadas (ensayos bioecológicos) a lo largo de un período que puede llegar hasta 4 meses (sólo excepcionalmente se cubren períodos mayores). En este trabajo se utilizaron resultados provenientes de ensayos cuando llenaban los siguientes requisitos: 1) por lo menos 3 épocas o fechas y 2) ensayos correspondientes a 3 ó más años.

Cuando no fue posible contar con datos experimentales se recurrió a estimaciones efectuadas por especialistas en la materia. En este sentido, la estimación de un especialista con mucha experiencia es un dato cuyo valor no se debería desestimar.

La cuantificación del tiempo disponible se realizó determinando primero los días disponibles y en segundo término las horas diarias disponibles. La estimación se efectuó a nivel mensual. Los días disponibles se calcularon restando de los días que cuenta cada mes, los días con 0,3 ó más mm de precipitación. Este límite es un tanto arbitrario, dado que no es necesariamente igual a la cantidad de días que permanece interrumpida una tarea después de una lluvia. Así, por ejemplo, después de una lluvia de 50 mm es probable que las tareas no se puedan proseguir hasta 2 ó 3 días después del día de lluvia. Sin embargo, puede esperarse cierta compensación, puesto que una precipitación reducida (por ejemplo, 0,4 mm) no forzosamente interrumpe el trabajo o sólo lo interrumpe 1/2 día. La elección de este límite se debió exclusivamente a las estadísticas publicadas por el Servicio Meteorológico Nacional (1962). No se tuvieron en cuenta días domingos, feriados, etc. En otras palabras, sólo se descontaron las interrupciones forzadas debidas a lluvias (5).

Las horas diarias disponibles dependen de la tarea. En siembra -por ejemplo- se han tomado las horas de luz solar; en cosecha, una cantidad estimativa de horas que se puede cosechar. Hallada la cantidad de horas diarias se multiplica por los días disponibles para determinar la cantidad de horas disponibles por mes.

Una vez hallados los datos precedentes, o sea la variable independiente (tiempo) y la dependiente (rendimiento) se pasó a la determinación del tipo de función. Normalmente, cuando el óptimo se halla al principio o al final de la época en que se realiza la tarea, es suficiente un rápido análisis de los rendimientos para confirmar la ubicación del óptimo. En cambio, cuando el óptimo se halla al promediar la época en que se realiza la tarea (función creciente-decreciente), es preciso verificar 1) cuándo se produce exacta-

mente el óptimo y 2) si realmente se trata de un óptimo o si en cambio no existe un óptimo, es decir que los rendimientos no varían significativamente con el transcurso del tiempo (función indiferente). Para ello se procedió a calcular una función de regresión de segundo grado. Mediante el test de F se determinó si la función es o no estadísticamente significativa; mediante el test de t (Student) si lo son o no los coeficientes de la regresión. En caso de no ser significativos, se consideró que no hay óptimo (o sea que el rendimiento no varía en función del tiempo y en consecuencia $k = 0$). En caso de ser significativos, se determinó el momento en que se produce el óptimo. Si éste se hallaba al promediar la época de realización de las tareas, se consideró que la función era de ese tipo, pero si no lo estaba, la función se tomó como de óptimo al principio o al final -según correspondiese- del período de ejecución de la tarea.

El paso siguiente consistió en hallar la función de regresión, en la cual el tiempo transcurrido a partir del óptimo (expresado en horas disponibles) es la variable independiente y el rendimiento la variable dependiente. Asimismo se computaron los principales estadísticos para verificar si los resultados eran o no significativos. Cuando la regresión hallada no era significativa, ni tampoco el coeficiente de regresión, se desechó el resultado hallado, aceptándose que en ese caso $k = 0$.

Cuando se contó con los resultados anuales de ensayos repetidos durante varios años, no sólo se determinó una función de regresión, sino que también se verificó, mediante el diseño de bloques al azar, si había diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Pueden existir marcadas diferencias entre un año y otro, enmascarando en una regresión diferencias entre tratamientos que se revelan como estadísticamente significativos con este diseño.

-
- (5) El autor no está satisfecho con esta forma de cálculo de los días disponibles, cuya única ventaja radica en su sencillez. Métodos más refinados (por ejemplo, utilizando un balance hidrológico seriado diario) son mucho más laboriosos. Por otra parte, en nuestro país no existen datos provenientes de observaciones al respecto.

RESULTADOS Y DISCUSION

Ya se había señalado anteriormente que la información básica disponible para el cálculo del coeficiente k es muy dispersa. Por lo general, los datos hallados por los investigadores permanecen inéditos o sólo se publican en medios de circulación restringida, probablemente por considerarla únicamente de interés local. Por tal razón, los resultados hallados, expuestos a continuación, sólo son parciales pese a la revisión bibliográfica efectuada.

Los resultados hallados se expresan en sendos cuadros en los cuales se indica 1) la especie, 2) el lugar al cual se refieren los datos, 3) origen de los datos utilizados (ensayos experimentales, relevamientos a productores, estimaciones de especialistas, 4) las fechas de comienzo y finalización del período al cual se refieren los datos y la óptima para la tarea, tal como surge de la información utilizada, 5) la cantidad de épocas o sea tratamientos que se ensayaron, 6) el tipo de función hallada (C: creciente, CD: creciente-decreciente, D: decreciente e I: indiferente o sea sin tendencia estadísticamente significativa), 7) los resultados hallados en lo que se refiere a R (rendimiento óptimo), b (tendencia, valor absoluto) y k coeficiente de reducción del rendimiento. Cuando la tendencia no fue significativa se ha omitido el valor de b y se indica "no significativo" en la columna k . Finalmente, la fuente de donde se obtuvo la información y las observaciones necesarias, cuando ellas eran imprescindibles para interpretar los resultados hallados.

Primera labranza

Se ha escogido adrede el término primera labranza dado que los resultados no se refieren tanto a una labor específica (arada, disqueada, etc.) sino a la primer labranza que se efectúa como comienzo del barbecho de un cultivo. Es decir que la información recogida se refiere a la duración del barbecho,

independientemente de la máquina con la cual se realiza la primer labranza.

Si bien el efecto benéfico del barbecho sobre el rendimiento de los cultivos generalmente está fuera de toda duda, son relativamente pocos los trabajos que se han hallado cuantificando el rendimiento en función de la duración del barbecho. En los cálculos se ha supuesto que la duración del día es igual a las horas de luz solar.

Los resultados hallados (Cuadro 1) indican que no en todos los casos el barbecho se manifiesta en forma estadísticamente significativa sobre los rendimientos. Es de señalar que en los dos casos de resultados provenientes de relevamiento de productores no fue posible efectuar las determinaciones estadísticas. Para esta última situación, conociendo la diferencia entre los valores extremos y el tiempo disponible, b se halló dividiendo ambas cifras y el coeficiente k se obtuvo con la fórmula indicada anteriormente. Este mismo procedimiento se utilizó con los datos que se obtuvieron en cosecha.

Hay que agregar que, especialmente en la arada, existen otros costos asociados a la demora no contemplados en la presente problemática, que sólo analiza la variación de los rendimientos. Estos costos adicionales se refieren al incremento de la tracción y del desgaste de las rejas a medida que se va secando un suelo después de una lluvia.

Siembra

La siembra es la tarea para la cual ha sido posible reunir la mayor información, dado que se realizan sistemáticamente ensayos bioecológicos de siembras escalonados con la finalidad de asesorar a los productores sobre la fecha óptima de siembra.

En la siembra se supuso que el tiempo disponible son las horas de luz solar de los días sin lluvia. No se ha tomado en cuenta si la humedad del suelo es adecuada para la siembra. En otros términos, los días disponibles en realidad no son necesariamente los

CUADRO 1: Primera labranza.

Especie	Lugar	Datos	F e c h a s			Cantidad de épocas	Tipo de función	R (qq/ha)	Valores hallados		Fuente
			Optima	Comienzo	Fin				b	k	
Girasol	Huanguelén	Releva- miento	--	--	--	--	D	10,0	0,0037	0,00019	(1)
Maíz	Río Cuarto	Ensayo	--	5/9	5/11	3	I	50,8	--	no sign.	(2)
Maní	Manfredi	Ensayo	--	23/4	24/11	5	I	8,5	--	no sign.	(3)
Sorgo granífero	Manfredi	Ensayo	2/6	2/6	24/11	4	D	26,0	0,0049	0,00009	(3)
Trigo	Anguil	Ensayo	5/1	5/1	5/6	5	D	10,6	0,0048	0,00022	(4)
Trigo	Huanguelén	Releva- miento	--	--	--	--	D	22,0	0,0074	0,00017	(1)

(1) Stein, A. (1978). Comunicación personal; (2) Principi, M. A. (1978/79); (3) Núñez Vázquez, F. (1979). Comunicación personal; (4) Monsalvo, M. (1969).

CUADRO 2: Siembra.

Especie	Lugar	Datos	F e c h a s		
			Optima	Comienzo	Fin
Alpiste	Pergamino	Ensayo	1/6	1/6	1/8
Alpiste	Pergamino	Ensayo	--	1/3	1/5
Avena	Pergamino	Ensayo	1/6	1/6	1/8
Avena	Pergamino	Ensayo	1/3	1/3	1/5
Cebada forrajera	Pergamino	Ensayo	1/6	1/6	1/8
Cebada forrajera	Pergamino	Ensayo	--	1/3	1/5
Cebadilla criolla	Pergamino	Ensayo	--	1/6	1/8
Cebadilla criolla	Pergamino	Ensayo	1/3	1/3	1/5
Centeno	Pergamino	Ensayo	1/6	1/6	1/8
Centeno	Pergamino	Ensayo	1/3	1/3	1/5
Colza	Barrow	Ensayo	13/6	13/6	19/9
Girasol de Primera	Pergamino	Ensayo	--	10/9	25/11
Girasol de Segunda	Pergamino	Ensayo	25/11	25/11	25/1
Girasol	Vera	Relevamiento	20/8	20/8	11/11
Lino	Pergamino	Ensayo	1/5	1/5	15/8
Lino	Pergamino	Ensayo	1/5	1/5	15/8
Lino	Paraná	Ensayo	1/6	15/5	15/9
Maíz	Pergamino	Ensayo	--	10/9	25/11
Pasto romano	Pergamino	Ensayo	--	1/6	1/8
Pasto romano	Pergamino	Ensayo	1/4	1/3	1/5
Raigras anual	Pergamino	Ensayo	1/6	1/6	1/8
Raigras anual	Pergamino	Ensayo	--	1/3	1/5
Raigras bienal	Pergamino	Ensayo	1/6	1/6	1/8
Raigras bienal	Pergamino	Ensayo	1/4	1/3	1/5
Soja	Yraizos	Ensayo	1/12	1/11	1/1
Trigo de pan	Subreg. I	Ensayo	1/7	20/5	10/8
Trigo de pan	Subreg. II N	Ensayo	1/7	20/5	10/8
Trigo de pan	Subreg. II S	Ensayo	20/5	20/5	10/8
Trigo de pan	Subreg. III	Ensayo	20/5	20/5	10/8
Trigo de pan	Subreg. IV	Ensayo	20/5	20/5	10/8
Trigo de pan	Subreg. V N	Ensayo	20/5	20/5	10/8
Trigo de pan	Subreg. V S	Ensayo	20/5	20/5	10/8
Trigo para fideos	Subreg. IV	Ensayo	--	1/7	10/8
Trigo forrajero	Pergamino	Ensayo	1/6	1/6	1/8
Trigo forrajero	Pergamino	Ensayo	--	1/3	1/5

- (1) Josifovich, J. A. *et al*, (1968); (2) Facultad de Agronomía, UBA. (1980). Inédito; (3) Ludueña, P., (1978); (7) Illia, M. (1978); (8) Espinosa, J. P. (1975); (9) Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería (1976).

Cantidad de épocas	Tipo de función	R (qq/ha)	Valores hallados		Fuente y Observaciones
			b	k	
5	D	6,0	0,0064	0,00053	(1) Producción grano
5	I	348	--	no sign.	(1) Producción forraje verde
5	D	12,4	0,0129	0,00052	(1) Producción grano
5	C	351	0,1034	0,00013	(1) Producción forraje verde
5	D	13,9	0,0108	0,00039	(1) Producción grano
5	I	403	--	no sign.	(1) Producción forraje verde
5	I	2,8	--	no sign.	(1) Producción grano
5	D	342	0,1760	0,00026	(1) Producción forraje verde
5	D	13,7	0,0114	0,00042	(1) Producción grano
5	D	342	0,2000	0,00022	(1) Producción forraje verde
3-4	D	16,7	0,0124	0,00037	(2)
6	I	28,6	--	no sign.	(3)
5	D	26,9	0,0287	0,00053	(3)
9	D	12,0	0,0095	0,00040	(4)
7	D	16,5	0,0088	0,00027	(5) Producción grano
7	D	7,34	0,4220	0,00029	(5) Producción aceite
8	D	10,5	0,0075	0,00035	(6) Producción grano
6	I	70,6	--	no sign.	(7)
5	I	2,6	--	no sign.	(1) Producción grano
5	CD	370	0,0274	0,00019	(1) Producción forraje verde
5	D	3,3	0,0026	0,00040	(1) Producción grano
5	I	398	--	no sign.	(1) Producción forraje verde
5	D	3,3	0,0044	0,00067	(1) Producción grano
5	CD	540	0,0431	0,00020	(1) Producción forraje verde
4	CD	22,0	0,0104	0,00012	(8)
5	CD	17,5	0,0099	0,00014	(9)
5	CD	19,8	0,0111	0,00014	(9)
5	D	21,2	0,0091	0,00021	(9)
5	D	15,8	0,0073	0,00023	(9)
5	D	23,5	0,0026	0,00006	(9)
5	D	16,0	0,0161	0,00050	(9)
5	D	17,4	0,0032	0,00009	(9)
3	I	21,8	--	no sign.	(9)
5	D	18,0	0,0314	0,00087	(1) Producción grano
5	D	368	--	no sign.	(1) Producción forraje verde

(4) Giordana, C. *et al.* (1976); (5) Acosta, P. P. y Edith Frutos (1978); (6) Pascale, A. J., *et al.* (1967/68);

días durante los cuales el suelo tiene suficiente humedad para asegurar la germinación de la semilla.

Por otra parte, dado que en casi todas las especies existen cultivares precoces y tardíos, los rendimientos tomados como base de cálculo, cuando la información disponible lo permitía, se refieren a los cultivares más rendidores en cada época de siembra, o sea que los cultivares pueden diferir de una época a la otra. Esto implica el supuesto que el productor utiliza los cultivares más adecuados a cada época de siembra.

Los resultados hallados van desde $k = 0$ hasta $k = 0,00087$ en trigo forrajero para la producción de semilla en Pergamino (pero para la producción de forraje verde es en este caso $k = 0$). Sin embargo, se observa claramente que k varía notablemente de subregión a subregión, en trigo. En girasol también hay una manifiesta diferencia entre el cultivo de primera y el de segunda siembra. También es notable que para el maíz, en Pergamino, $k = 0$; al mismo resultados se arriba utilizando los guarismos aportados por Bokde (1967) e Illia (1976) referentes a períodos anteriores y que no se reproducen en el Cuadro 2.

Cuidados culturales

No ha sido posible obtener información sobre este particular que reuniera las condiciones impuestas. Sin embargo es preciso tener en cuenta que especialmente en la lucha contra plagas y enfermedades el coeficiente de reducción del rendimiento es presumiblemente muy elevado. Por otra parte, y como ya se señalara anteriormente, los rendimientos parecen tomar la forma de funciones discretas por lo menos en lo que se desprende de los resultados hallados por Mattioli (1978), ya citado, y de Leguizamón y Pedrol (1976) con respecto a carpidas de maíz.

Cosecha

No ha sido posible obtener datos prove-

nientes de ensayos sobre variación del rendimiento en función del momento de la cosecha y la información disponible sugiere que no se han efectuado ensayos sobre este aspecto en el país. Por tal razón se ha encuestado a informantes calificados, es decir, especialistas de los diferentes cultivos. La encuesta se efectuó por vía postal, mediante un cuestionario muy sencillo en el cual se solicitó una estimación de los rendimientos al comienzo y al final de la época de cosecha de la región, como así también las horas diarias que se cosecha. Si bien una estimación de esta naturaleza es netamente subjetiva, no se debe despreciar el enorme valor de la experiencia acumulada por los especialistas.

En total se encuestaron 42 especialistas (en contadísimos casos una persona es computada dos veces por ser especialista en dos cultivos), obteniéndose respuestas de 26, de las cuales se pudieron utilizar las de 20 (los restantes no pudieron aportar la información solicitada o la estimación proporcionada no permitió efectuar los cálculos).

Los especialistas consultados lo fueron de los siguientes cultivos: girasol, lino, maíz, soja, sorgo granífero y trigo. Para maíz sólo se obtuvo una respuesta utilizable y para soja, 2. Los restantes cultivos tuvieron 3 ó más respuestas.

Los resultados del cuadro correspondiente sólo se refieren a la región pampeana (no se incluyen los calculados con algunas pocas respuestas fuera de la región pampeana debido a su heterogénea localización). En todos los casos en el cuadro 3 se informa la cantidad de respuestas, el promedio de k (con cada respuesta útil se calculó el correspondiente coeficiente de reducción del rendimiento), su desviación estándar y su coeficiente de variabilidad. La baja cantidad de respuestas hace que tanto promedios como medidas de dispersión se deben utilizar con suma prudencia.

Secada

Con la misma información obtenida pa-

CUADRO 3 Cosecha y secada.

Cultivo	C o s e c h a				S e c a d a			
	n(1)	Valores de k(2)			n(1)	Valores de k(2)		
		\bar{x}	\bar{G}	CV		\bar{x}	\bar{G}	CV
Girasol	4	0,00046	0,00015	0,32	4	0,00013	0,00001	0,10
Lino	4	0,00057	0,00020	0,35	4	0,00018	0,00004	0,22
Soja	2	0,00036	0,00008	0,24	2	0,00009	0,00004	0,42
Sorgo Granífero								
Total reg. pamp.	4	0,00046	0,00034	0,75				
Zona húmeda	2	0,00021	0,00002	0,10	2	0,00009	0,00003	0,31
Zona árida	2	0,00071	0,00032	0,45	2	0,00022	0,00007	0,32
Trigo	3	0,00038	0,00003	0,08	3	0,00015	0,00005	0,33

(1) Cantidad de respuestas de especialistas encuestados.

(2) Media, desviación estándar y coeficiente de variabilidad de las respuestas obtenidas.

ra cosecha se calculó el coeficiente de reducción del rendimiento para la secada. En este caso se supuso que la secadora trabaja las 24 horas del día y que no sufre interrupciones por lluvia. Esto implica el supuesto de una capacidad de almacenamiento de grano húmedo suficiente para proseguir secando ininterrumpidamente durante las 24 horas de los días de lluvia. Además, supone también una sola pasada del grano por la secadora, por ello, cuando el grano requiere más de una pasada debido a su elevada humedad, el coeficiente k hallado se deberá multiplicar por las veces que el grano pasa por la máquina.

CONCLUSIONES

El coeficiente de reducción del rendimiento k es el dato más difícil de hallar cuando se desean calcular costos de demora de máquinas agrícolas (los tres restantes, precio del producto, rendimiento cuando la tarea se efectúa en su momento óptimo y superficie cultivada en la explotación, generalmente no ofrecen mayores dificultades). Por esta razón, en el presente trabajo se exponen tanto su cálculo como los resultados (coefi-

ciente k) obtenidos en los casos en que se pudo calcular.

Conviene destacar nuevamente que una metodología aplicable en la práctica no puede sobrepasar cierto grado de complejidad. Por ello, en el cálculo del costo de la demora en general, y en el del coeficiente k en particular, se hace necesario introducir algunos supuestos simplificadores. Desde ya, cuanto más simple es el modelo, menor es su isomorfismo, o sea su correspondencia con la realidad. Aquí se ha tratado de obtener un razonable equilibrio entre simplicidad e isomorfismo. Quizás sea conveniente recordar brevemente los principales supuestos y por consiguiente limitaciones que tiene el coeficiente para evitar un uso erróneo del mismo. 1) Las reducciones de rendimiento consideradas sólo con cuantitativas; no se consideran las variaciones cualitativas, por otra parte difíciles de medir. 2) Se trabaja continuamente durante el tiempo disponible (la cuantificación de éste aún deja que desear). 3) El momento óptimo de ejecución de cada tarea (según el tipo de función) se halla al principio, al final o al promediar la realización de la tarea y no en otros momentos intermedios. 4) El rendimiento de un cultivo en función del tiempo

es una función lineal (no se consideraron funciones no lineales, debido a su complicación práctica, ni tampoco funciones discretas). 5) Cada tarea se considera independiente de las restantes o sea que no se tomaron en cuenta posibles interferencias entre tareas, tanto en lo que se refiere a sus consecuencias sobre el rendimiento como así tampoco a la disponibilidad de tiempo. 6) La información disponible es dispersa y de difícil obtención. Por otra parte proviene casi exclusivamente de ensayos (excepto en cosecha y secada) efectuados bajo condiciones controladas, lo que no siempre puede coincidir con la realidad diaria en las explotaciones agrarias. 7) Finalmente, al utilizar los coeficientes dados en el presente trabajo se recomienda especialmente tener en cuenta los supuestos particulares de cada tarea expuestos arriba; algunas situaciones particulares pueden diferir de éstos, haciéndose necesario recalcular el coeficiente por el usuario.

Para ampliar y mejorar los coeficientes de reducción del rendimiento es imprescindible una información básica más amplia. Esto implica la realización de ensayos, especialmente en aquellas tareas para las cuales aún existe poca información cuantitativa (labranza, cuidados culturales, etc.). Dado que realizar ensayos con esta única finalidad es costoso, sería deseable que al diseñar sus experimentos, los investigadores tengan en cuenta también la posibilidad de que puedan ser utilizables para el cálculo del coeficiente k de reducción del rendimiento.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece a un referencista sus sugerencias al manuscrito original.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Acosta, P.P. y Edith Frutos (1978). Las épocas de siembra más convenientes para lino oleaginoso en Pergamino. Pergamino, INTA, 36 p. (Inf. Técnico N° 142).
- 2) Bokde, S. (1967). Ciertos aspectos del cultivo del maíz en la región pampeana. *Idia* (Buenos Aires) 237: 1-22.
- 3) Cancellor, W.J. and V. Cervinka (1974). Timeliness coefficients for rice and factors affecting their value. *Transactions of the ASAE* (St. Joseph) 17(5): 841-844.
- 4) Espinosa, J.P. (1975). Influencia de la fecha de siembra sobre la producción de soja en la zona sudeste de la Provincia de Buenos Aires. *Idia* (Supl. 31): 71-80.
- 5) Facultad de Agronomía, UBA (1980). Datos de la Red Nacional de Ensayos Territoriales computados en la Cátedra de Cultivos Industriales. Facultad de Agronomía de Buenos Aires. Inédito.
- 6) Frank, R. G. (1977). Costos y administración de la maquinaria agrícola. Hemisferio Sur, Buenos Aires, 385 p.
- 7) Giordana, C., J.J. Pastra, O. Alloatti, R. George, y M. Paulon. 1976. Como mejorar los rendimientos de girasol. Girasol. Congresos y Jornadas. CREA - Buenos Aires, p. 8-14.
- 8) Hunt, D. (1977). Farm power and machinery management. 7th. ed. Ames, Iowa St. Univ. Press, p. 270-271.
- 9) Illia, M. (1976). Rendimientos y épocas de siembra. En: Información sobre producción de maíz, semilla y siembra N° 7. Pergamino, INTA, 2 p.
- 10) Illia, M. (1978). Rendimiento y épocas de siembra. En: Carpeta de Producción Vegetal, Maíz, Información N° 2. Pergamino, INTA, 2 p.
- 11) Josifovich, J. A., J. Maddaloni y H. Serrano, 1968. Producción de forraje verde y semilla en gramíneas anuales de invierno según época de siembra. Pergamino, INTA, 24 p. (Informe Técnico N° 77).
- 12) Leguizamon, E.S. y H.M. Pedrol (1976). Determinación del período crítico de competencia de malezas en maíz. *Idia* (Buenos Aires) Supl. N° 32: 79-87.
- 13) Ludueña, P. (1978). Producción de girasol en relación a la época de siembra en Pergamino. En: Carpeta de Producción Vegetal, Girasol, Información N° 1. Pergamino, INTA, 2 p.
- 14) Mattioli, A. (1978). Algunos aspectos relacionados al control de malezas en el cultivo de maíz. En: Carpeta de Producción Vegetal, Maíz, Información N° 5. Pergamino, INTA, 3 p.
- 15) Monsalvo, M.J. (1969). Duración del barbecho limpio y rendimiento en trigo. Hoja in-

- formativa (Anguil) 45:1.
- 16) Pascale, A. J., C. Remussi y A. M. de Rosbaco, 1967/68. Exigencias bioclimáticas del lino y su relación con la evolución del cultivo en la Argentina. *Rev. Fac. Agronomía y Vet. de Bs. As.*, 17: 5-28.
- 17) Principi, M.A. (1978/79). Comparación de épocas y sistemas de labranza en el cultivo de maíz compatibles con la conservación del suelo. *Rev. de Invest. Agrop. Ser. 2* (Buenos Aires) 14(2): 121-149.
- 18) Rühling, W. (1972). Ermittlung der optimalen Maschinenausstattung von ländwirtschaftlichen Betrieben. Stuttgart, Eugen Ulmer, p. 90-95. (*Hohenheimer Arbeiten* Nr. 66).
- 19) Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería (1976). Trigo; resultados de los ensayos comparativos de rendimiento "standard". Buenos Aires, 106 p.
- 20) Servicio Meteorológico Nacional (1962). Datos pluviométricos 1921-1950. Buenos Aires, 160 p.
- 21) Wendte, L.W., C.J.W. Drablos and W.D. Lemke (1978). The timeliness benefit of subsurface drainage. *Transactions of the ASAE* (St. Joseph) 21(3): 484-488.
-